

Fertilización magnésica y de microelementos en los cítricos

Cálculo de las necesidades de cada elemento y correcciones necesarias en riego por goteo

En este artículo se sientan las bases de la fertilización magnésica y de los microelementos de los cítricos regados por goteo en función del diámetro de copa de la planta y del marco de plantación, diferenciando las dosis recomendadas entre satsumas, mandarinos, naranjos, limoneros y pomelos. Posteriormente, se corrigen dichas dosis en función del análisis foliar y del agua de riego.

Francisco Legaz, Ana Quiñones, Belén Martínez-Alcántara y Eduardo Primo-Millo.

Departamento de Citricultura y otros Frutales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Moncada (Valencia).

En el artículo anterior, publicado en *Vida Rural* nº 237, titulado "Fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos", se ha descrito detalladamente el procedimiento empleado para la determinación de la dosificación del abonado.

Para la obtención de las dosis de MgO (cuadro I), además del consumo anual y de la eficiencia del uso de los fertilizantes, se ha tenido en cuenta que la relación K/Mg (expresados ambos en meq/100 g suelo) en el bulbo debe mantenerse en torno a 0,35 (Quiñones *et al.*, 2005). Este valor es el límite superior del rango óptimo (0,16 a 0,35) de esta relación establecido por Legaz *et al.* (1995) para cítricos.

En el **cuadro II** se exponen las dosis de hierro (Fe) equivalentes a



Ensayos de fertilización a goteo en clementinos.

las necesidades anuales para cítricos de diferente porte. La mayor parte de los suelos contienen cantidades considerables de Fe suficientes para atender las necesidades de los cultivos durante

muchos años. Sin embargo, los estados deficitarios de Fe en los cítricos son, en la mayoría de los casos, inducidos por las condiciones del suelo que favorecen la transición de los iones de Fe solu-

CUADRO I.

DOSIS ANUAL ESTÁNDAR DE MgO EN RIEGO A GOTEO.

	Marco (mxm)	Árboles (1 ha)	Dosis máxima (kg/ha)	Dosis máxima (g/árbol)	Años										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					(g/árbol)										
Satsumas (Clausellina y Okitsu)	4 x 2	1.250	180	144	15	25	35	50	65	85	100	120	144	144	144
Diámetro de copa (cm)					25	50	75	100	125	150	175	200	225	225	225
Mandarinos (Marisol)	5 x 3,5	570	180	315	20	45	70	95	120	150	180	225	265	315	315
Diámetro de copa (cm)					35	70	105	140	175	210	245	280	315	350	350
Mandarinos (en general)	5,5 x 4	454	180	396	30	60	90	120	155	195	240	290	340	396	396
Diámetro de copa (cm)					40	80	120	160	200	240	280	320	360	400	400
Naranjos	6 x 4	416	180	432	35	70	100	135	190	230	280	340	395	432	432
Diámetro de copa (cm)					45	90	135	180	225	270	315	360	400	425	425
Limoneros y pomelos	7 x 5	285	180	631	40	80	110	155	210	275	340	410	490	580	631
Diámetro de copa (cm)					50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	525

bles a compuestos que no pueden ser absorbidos por la raíz.

Optimización de la dosis estándar

Las dosis expuestas en los cuadros I y II se podrán optimizar de acuerdo a la información proporcionada por el análisis foliar y el agua de riego.

Corrección según el análisis foliar

En el cuadro III se exponen los valores foliares de referencia de diferentes estados nutritivos de cítricos establecidos por Legaz y Primo-Millo (2000). Si la concentración foliar de Mg supera el rango alto, no se realizará ninguna aportación de abonos magnésicos al arbolado. Sin embargo, para valores foliares normales, bajos o muy bajos, las dosis del cuadro I se multiplicarán por los factores indicados en el cuadro IV.

En el caso del Fe, para niveles normales, bajos o muy bajos (cuadro III), se aplicarán las cantidades recomendadas en el cuadro II multiplicadas por los coeficientes expuestos en el cuadro IV. En el rango alto o muy alto se suprimirá el aporte de fertilizantes férricos.

Por último, los incrementos o disminuciones de las aportaciones de fertilizantes son sólo apro-

ximados, ya que valores más exactos únicamente pueden conseguirse con el uso de funciones complejas. Sin embargo, se considera que estas aproximaciones son suficientes para el cálculo práctico de las necesidades de fertilización en los cítricos en riego a goteo.

El resto de microelementos (Zn, Mn, B, Cu y Mo) se corregirán únicamente en los estados nutritivos muy bajo y bajo (cuadro III). La aplicación de los correctores se hará por vía foliar o suelo en función de la dinámica de éstos entre tejidos foliares y

CUADRO II.

DOSIS ANUAL ESTÁNDAR DE Fe EN RIEGO A GOTEO

	Marco (mxm)	Árboles (1 ha)	Dosis máxima (g/ha)	Dosis máxima (g/árbol)	Años										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					(g/árbol)										
Satsumas (Clausellina y Okitsu) Diámetro de copa (cm)	4 x 2	1.250	1.000	0,80	0,06 25	0,12 50	0,19 75	0,28 100	0,38 125	0,47 150	0,56 175	0,68 200	0,80 225	0,80 225	0,80 225
Mandarinos (Marisol) Diámetro de copa (cm)	5 x 3,5	570	1.000	1,75	0,12 35	0,25 70	0,38 105	0,50 140	0,65 175	0,80 210	1,00 245	1,25 280	1,50 315	1,75 350	1,75 350
Mandarinos (en general) Diámetro de copa (cm)	5,5 x 4	454	1.000	2,20	0,15 40	0,30 80	0,50 120	0,68 160	0,87 200	1,09 240	1,30 280	1,60 320	1,90 360	2,20 400	2,20 400
Naranjos Diámetro de copa (cm)	6 x 4	416	1.000	2,40	0,18 45	0,35 90	0,55 135	0,80 180	1,05 225	1,30 270	1,60 315	1,90 360	2,20 400	2,40 425	2,40 425
Limoneros y pomelos Diámetro de copa (cm)	7 x 5	285	1.000	3,50	0,20 50	0,40 100	0,60 150	0,90 200	1,15 250	1,50 300	1,90 350	2,30 400	2,75 450	3,25 500	3,50 525

CUADRO III.

NIVELES FOLIARES DE REFERENCIA DE MACRO SECUNDARIOS Y MICROELEMENTOS EN CÍTRICOS.

Nutriente	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
		% (peso seco) ²			
Mg	< 0,15	0,15-0,24	0,25-0,45	0,46-0,90	> 0,90
Ca	< 1,60	1,60-2,90	3,00-5,00	5,10-6,50	> 6,50
S	< 0,14	0,14-0,19	0,20-0,30	0,31-0,50	> 0,50
		ppm (peso seco) ²			
Fe	<35	35-60	61-100	101-200	>200
Zn	<14	14-25	26-70	71-300	>300
Mn	<12	12-25	26-60	61-250	>250
B	<21	21-30	31-100	101-260	>260
Cu	<3	3-5	6-14	15-25	>25
Mo	<0,06	0,06-0,09	0,10-3,00	3,10-100	>100

z: niveles basados en la concentración de estos nutrientes en las hojas de la brotación de primavera de siete a nueve meses de edad, procedentes de ramas terminales sin fruto.

PARA SU NUEVO
TRACTOR PASQUALI
con financiación a 1 año

DESDE EL 1 DE SEPTIEMBRE DE 2006 HASTA EL 15 DE ENERO DE 2007

INTERÉS
0% | **TAE***
0%

Financiado por
BBVA

(*) Financiación ofrecida por BBVA para todos los tractores PASQUALI en operaciones a 12 meses, con intereses y comisiones de apertura y estudio subvencionados por BCS IBÉRICA, S.A.U. BCS IBÉRICA, S.A.U. POL. IND. STª MARGARITA, C/LLOBREGAT, 15. 08223 TERRASSA (BARCELONA) TEL. 93 783 05 44 FAX 93 786 12 03 EMAIL: correo@bcsiberica.es





Deficiencia de Mg en un brote fructífero.



Deficiencia de Fe en un brote vegetativo.

CUADRO IV.

FACTORES DE CORRECCIÓN RECOMENDADOS EN RIEGO A GOTEO SEGÚN EL ANÁLISIS FOLIAR

Nivel foliar	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Factor MgO	2,0	1,9-0,6	0,5-0,0	0,0-0,0	0,0
Factor Fe	2,0	1,9-1,1	1,0-0,0	0,0-0,0	0,0

z: Los factores de corrección para cada nutriente se corresponden con los valores extremos de la concentración foliar para cada estado nutritivo (cuadro III). Para niveles foliares intermedios se aplicarán coeficientes proporcionales correspondientes.

CUADRO V.

APORTACIÓN DE MAGNESIO POR EL AGUA DE RIEGO.

Concentración de Mg ⁺⁺	kg MgO/ha ²
10	32
20	64
30	96
40	128
50	160
60	192

z: las cantidades indicadas se han obtenido aplicando la fórmula anterior para un volumen de 5.000 m³/ha, un valor de F₁ = 0,75 y de F₂ = 0,50.

el pH del suelo. En los nutrientes de escasa movilidad como el Zn y Mn, es preferible usar la vía suelo a la foliar. En suelos ácidos, el Zn (Serna *et al.*, 1995) y el Mn se corregirán por vía suelo. En los suelos calizos, los correctores se vienen aplicando por vía foliar, ya que no se disponía de quelatos eficientes para este tipo de suelos. Actualmente, se está comercializando un quelato múltiple de Fe+Zn+Mn con respuesta eficaz en este tipo de suelos. Sin embargo, B, Cu y Mo se corregirán indistintamente por vía suelo o foliar por

su mayor movilidad entre distintos tejidos de la planta.

Corrección según análisis de agua de riego

Cuando el contenido en magnesio del agua sea superior a 10 mg/l, a las cantidades de Mg recomendadas en el cuadro I se restará el Mg suministrado por ésta. La cantidad de Mg proveniente del agua de riego se calcula con la fórmula descrita por Legaz y Primo-Millo (2000):

$$\text{kg MgO/ha} = \frac{\text{Mg}^{++} \times V_r \times 1,66}{10^3} \times F_1 \times F_2$$

siendo:

Mg⁺⁺ = concentración de magnesio en el agua de riego (ppm = mg/l).

V_r = volumen total de riego en m³/ha.

1,66 = factor de conversión de Mg a MgO.

F₁ = factor que depende de la eficiencia del riego y considera la pérdida de agua. Los valores pueden oscilar entre 0,6 y 0,9 en riego a goteo.

F₂ = factor de insolubilización del magnesio que depende de las características del suelo y puede oscilar entre 0,4 y 0,6.

En el cuadro V se exponen ejemplos de las cantidades de Mg aportadas por el agua en función del volumen de riego y la concentración del ión Mg⁺⁺.

Tal como se expone en el cuadro V, es de notable interés disponer de la analítica del agua de riego, ya que su contenido en Mg actuará como fertilizante magnésico. De este modo, un contenido de magnesio de 60 mg por litro aporta una cantidad de MgO superior a la dosis estándar (cuadro I). De modo que, cuando los valores de Mg del agua sean muy elevados habrá que incrementar las dosis estándar.



Deficiencia de Zn en hojas.

CUADRO VI.

EJEMPLO DE CORRECCIÓN DE LA DOSIS ANUAL ESTÁNDAR.

	Dosis estándar (g/árbol)	Nivel foliar (peso seco %-ppm)	Factor de corrección	Dosis corregida (g/árbol)
N	580	N: 2,90/alto	0,7	406
P ₂ O ₅	170	P: 0,10/bajo	1,9	323
K ₂ O	310	K: 1,15/alto	0,25	78
MgO	430	Mg: 0,20/bajo	1,2	516
Fe	2,4	Fe: 80,00/normal	0,5	1,2

dar de K (cuadro IV del artículo "Fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos") o la dosis corregida, para mantener estable la relación K/Mg.

En el cuadro VI se expone un ejemplo práctico de corrección de la dosis de abono para un naranjo adulto de 425 cm de diámetro de copa (diez años), únicamente en función del análisis foliar.

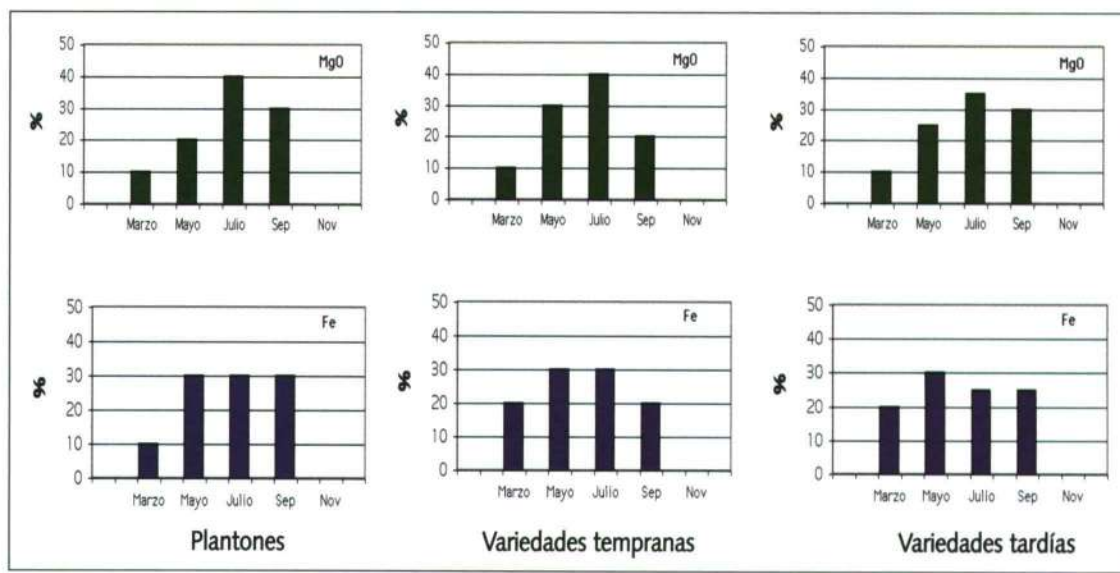
En este caso se debería aumentar la dosis de K para mantener la relación K/Mg al menos en el valor de 0,35, de acuerdo a lo indicado anteriormente.

Distribución estacional de la dosis estándar o corregida

En "Fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos" se han descrito los factores que, básicamente, influyen en la aplicación estacional de los fertilizantes. La distribución estacional de la dosificación del MgO y Fe

FIGURA 1.

PORCENTAJES DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS DOSIS DE MgO Y Fe SEGÚN EDAD Y ÉPOCA DE RECOLECCIÓN EN RIEGO A GOTEO.



puede hacerse con menor frecuencia que los elementos primarios (N, P y K). En el caso del Fe se

ha observado que las aplicaciones semanales son menos eficientes que las mensuales (Ba-

ñuls et al., 2003). Con respecto al Mg, al presentar una alta movilidad entre los tejidos foliares de

Saleplas COVERLINE

Tecnología



Calidad



Innovación



Servicio



Saleplas
sistemas de riego irrigation systems

diseñamos soluciones



Deficiencia de Mn en brotes vegetativos.

los cítricos, es suficiente aplicar en torno al 40% de la dosis total en el período de cuajado del fruto para cubrir su demanda. En el Fe apenas se transloca desde los órganos foliares viejos a los nuevos tejidos en desarrollo, por lo que no se puede contar con el Fe acumulado en las hojas viejas, aunque, posiblemente, al inicio del ciclo vegetativo se moviliza el Fe acumulado en el ciclo anterior en

los órganos viejos leñosos. Actualmente, nuestro equipo de investigación está realizando estudios sobre la dinámica del Fe mediante el uso de isótopos estables en cítricos. Hasta disponer de esta información, se recomienda aplicar un 50% de la dosis total antes y después de la finalización del cuajado del fruto.

En la **figura 1** se expone la aplicación estacional de los fertilizan-

CUADRO VII.
CARACTERÍSTICAS DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS EN FERTIRRIGACIÓN A GOTEO.

Tipo fertilizante	Riqueza (% U F)	Índice de sal (1)	Solubilidad (g/l) 15-20°C	Reacción	pH agua a dosis (0,5 g/l)	Dosis de uso (g/l)
NITROGENADOS						
Sulfato amónico	21-0-0	69	700	Ácida	5,5	1
Nitrato amónico	33,5-0-0	105	1.500-1.850	Ácida	5,6	1
Urea	46-0-0	75,4	700-1.200	Ácida	6,0	1-2
Ácido nítrico	14-0-0		1.000	Ácida	2,3	Variable
Nitrato cálcico	15,5-0-0	52,5	1.300-2.600	Alcalina	6-7	1-2
Solución nitrogenada 32	32-0-0	70	1.100-1.550	Ácida	5,8	1
FOSFORADOS						
Fosfato monoamónico	12-61-0	34	225-500	Ácida	4-5	0,25
Fosfato biamónico	18-46-0	32,9	300-400	Neutra-alcalina	5,0	1-2
Ácido fosfórico	0-54-0	-	1.000	Ácida	3-4	0,25-0,50
POTÁSICOS						
Fosfato monopotásico	0-52-34	-	250	Alcalina	5-6	0,35
Nitrato potásico	13-0-46	73,6	250-400	Neutra-alcalina	6,5	0,25-0,50
Sulfato potásico	0-0-50	46	75-100	Ácida	4-6	0,25-0,50
Cloruro potásico	0-0-60	116,3	300	Neutra	5-6	0,3
MAGNÉSICOS						
Sulfato de magnesio	0-0-0-16	-	500	Ácida	6-7	0,40
Nitrato de magnesio	7-0-0-15	42,6	500-700	Ácida	4-6	0,50

(1) El número indica el aumento de presión osmótica que produce el abono en la solución del suelo comparándolo con el que produce el nitrato sódico que se emplea como patrón (índice de sal = 100).

tes magnésicos y los correctores de deficiencias de hierro en cítri-

cos jóvenes y adultos con diferente época de recolección.

Por último en la **figura 2**, y como corrección a la figura 1 mostrada en el artículo ya publicado "Fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica de los cítricos", se muestran las épocas más idóneas de abonado NPK en diferentes variedades de cítricos.

Fertilizantes

En el **cuadro VII** se presentan los abonos minerales solubles con macronutrientes de mayor uso y algunas de sus características. En cuanto a la corrección de las deficiencias de Fe, se ha tener en cuenta la reacción del suelo; para los ácidos (pH<6,5) se pueden suministrar sales de Fe, mientras que para los básicos, la forma más eficaz de combatir la clorosis férrica es la aplicación de quelatos de hierro (Legaz *et al.*, 1995). ■

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de los lectores en nuestra redacción: redacción@eumedia.es

FIGURA 2.

PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LAS DOSIS DE N, P₂O₅ Y K₂O SEGÚN EDAD Y ÉPOCA DE RECOLECCIÓN DE RIEGO POR GOTEO.

